

证 明

09/936082

SS New
073
22222
4

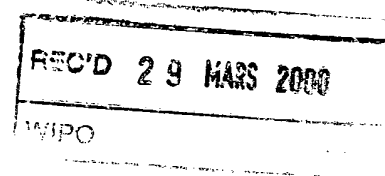
本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日: 99 03 09

申 请 号: 99 1 03828.2

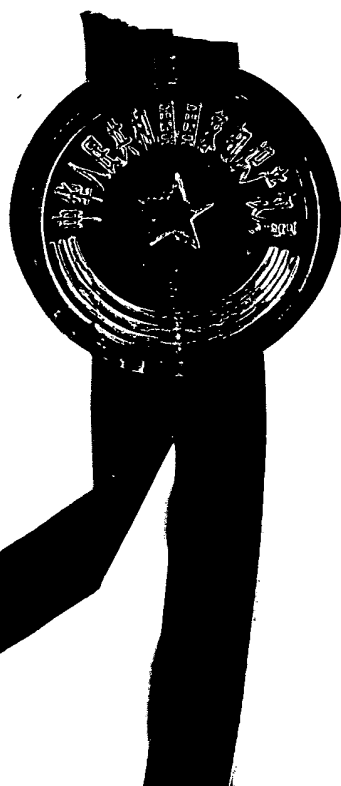
申 请 类 别: 发 明

发 明 创 造 名 称: 大极数电机



发明人或设计人: 白侠斌 丘雪明 白晶辉

申 请 人: 深圳市贝来实验室



中 华 人 民 共 和 国

国家知识产权局局长

姜 颖

2000 年 03 月 09 日

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

权 利 要 求 书

- 1、一种大极数电机，转子是永磁型的或是电励磁型的或是感应式的，其特征在于极数大于或等于 8；电枢绕组用实芯导线在槽中按分层整齐排列为等节距和不等节距的波绕组绕制；所说的绕组在槽中，每一匝导线皆与槽壁铁心相邻。
- 2、根据权利要求 1 所述的大极数电机，其特征在于绕组为端部无交迭的波绕组。
- 3、根据权利要求 1 所述的大极数电机，其特征在于绕组为端部部分交迭的波绕组。
- 4、根据权利要求 1 所述的大极数电机，其特征在于绕组为整距波绕组。
- 5、根据权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的大极数电机，其特征在于电枢绕组在槽中，每层只有单股导线，该导线的两侧皆与槽壁铁心相邻。
- 6、根据权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的大极数电机，其特征在于电枢绕组在槽中，每层有两股导线，且每股导线分别在左右一侧与槽壁铁心相邻。
- 7、根据权利要求 2 所述的大极数电机，其特征在于端部无交迭的波绕组的特征是铁心槽数为每极 m 个槽；每层有 m 个绕组形成一个相绕组，这 m 个绕组以相同的方向绕过依次相邻的 m 个槽，在端部不发生交迭；不同相的绕组在不同

层之间相互平移而形成。

- 8、根据权利要求 3 所述的大极数电机，其特征在于端部部分交迭的波绕组的特征是，铁心槽数为每极 m 乘以 k 个槽，其中 m 为相数， k 个槽为一个相带；每一个相绕组含 k 个绕组，这 k 个绕组以相同的方向从一端部绕过相邻的 k 个槽，在另一端部不交迭地跨过一个极距后从另外 k 个槽回绕到原来端部，也不发生交迭；该 k 个绕组的整体平移 k 的整数倍的槽数就可以得到另一个相绕组，依此法可在同一层得到全部 m 个相绕组，且它们在端部相互交迭。
- 9、根据权利要求 4 所述的大极数电机，其特征在于整距波绕组是铁心槽为每极 m 个槽；每层有 m 个绕组形成了 m 个相绕组；每一个相绕组都是整距波绕组；同一层的 m 个相绕组在端部相互之间都发生交迭。
- 10、根据权利要求 1 所述的大极数电机，其特征在于转子为励磁结构型，铁心为直槽结构，每极一个槽，绕组导线在槽中分层整齐排列，每层只允许单股或双股实心导线，绕组按等节距的波绕组，端部不发生交迭。
- 11、根据权利要求 1 所述的大极数电机，其特征在于转子的永磁磁极与定子齿槽之间具有斜的结构，且其斜距与铁心长度 L ，齿距 T ，斜角 g 之间应满足 $L \cdot t_g$ 不大于 $2T$ 。
- 12、一种大极数电机，其特征在于极数大于或等于 8；电枢铁心为无槽；绕组在铁心表面单层排列；绕组是等节距和不等

节距的表面波绕组。

- 13、根据权利要求 12 所述的大极数电机，其特征在于电枢绕组是端部无交迭的表面波绕组，包含有 k 股绕组的单相绕组，该 k 股绕组从下端部并排地以同一方向垂直横跨铁心表面，在上端部互不交迭，经过一个极距后又垂直横跨铁心表面返回至下端部，也互不交迭；该 k 股导线在表面单层并列排放，占据的相对宽度即为该相绕组的相带宽度。
- 14、根据权利要求 12 所述的大极数电机，其特征在于电枢绕组是部分交迭的表面波绕组，其特征是具有 m 个相绕组，而每一个相绕组是端部无交迭的表面波绕组；由该单相 k 股端部无交迭的表面波绕组的平移便可得到全部 m 个相的绕组，且 m 个相绕组之间在端部相互交迭。
- 15、一种永磁电机的脉冲励磁方式，其特征如下：
 - a、在电枢方设置一个或多个相绕组作为励磁绕组，对于每一个励磁绕组，都有一个充、放电励磁电路；
 - b、对于每一个放电电路，都有一个放电的触发电路，其作用是使触发的时刻发生在绕组正对磁极的前后 30° 之内。
- 16、一种如权利要求 15 的永磁电机的脉冲励磁方法，其特征在于充放电励磁电路有一个充放电的电容器，在每一个电周期内完成一次充、放电过程；该充电电路包含一个整流电路，还包含一个限流电阻；该放电电路包含一个开关及其触发电路；该电容器放电电流的方向是使磁极得到加强的方向。

17、一种如权利要求 15 的永磁电机的脉冲励磁方法，其放电开关的励发电路含有一个磁极位置的传感器或一个相电压的相位检测器，以获得磁极到达的时刻信息并产生放电的触发信号。

大极数电机

本发明涉及了一种改进的中频电机和低速电机结构，特别适用于大极数的电机。

现有技术的中频电机技术主要有两种，一是感应子式，在直流励磁的基础上，感应出高次谐波。这种方法的缺点是只利用了谐波磁场，导致电机体积大，耗费材料，出力小，效率低。另一种中频电机技术是爪极式，它虽是一种极数较高的电机，但由于爪极结构，磁路较长，在频率较高时损耗加大。限制了高频应用。此外，现有技术电机的电枢铁心由于极数小，总槽数较少，槽又不能太深以致漏感加大影响性能，为获得足够的磁动势，因而常采用非直槽的结构，即槽截面为槽口窄，槽体宽大以便容纳更大匝数的绕组。这种结构的缺点是，在槽体内必定有某些匝数的电磁线位于槽体中央部位而不与槽壁铁心相邻，这些导线的导热通道就要经过较长的绝缘介质路径才能到达散热的铁心壁，限制了电机的温升性能，也就限制了出力的提高。

本发明的目的在于提供一种新型的中频电机，特别是提供一种大极数电机，以克服上述电机的缺陷和不足。

本发明的目的是通过如下技术方案来实现的：本发明的大极数电机，转子是永磁型的或是电励磁型的或是感应式的，极数大于或等于 8；电枢绕组用实芯导线在槽中按分层整齐排列为等节距和不

等节距的波绕组绕制；所说的绕组在槽中，每一匝导线皆与槽壁铁心相邻。

本发明的目的还可以通过如下技术方案来实现：本发明的大极数电机，极数大于或等于 8；电枢铁心为无槽；绕组在铁心表面单层排列；绕组是等节距和不等节距的表面波绕组。

本发明还可以在永磁电机中采用一种独特的脉冲励磁方式来实现加大出力的目的，具体如下技术方案：a、在电枢方设置一个或多个相绕组作为励磁绕组，对于每一个励磁绕组，都有一个充、放电励磁电路；b、对于每一个放电电路，都有一个放电的触发电路，其作用是使触发的时刻发生在绕组正对磁极的前后 30° 之内。

本发明与现有技术相比具有省铜，省铁，效率高，出力大，绕组加工方便，除了可以替代一般的中频电机之外，还可以应用于其他场合等优点。

本发明的附图说明如下：

图 1 为本发明中有槽型定子及绕组结构，每层双股情况的部分铁心冲片及绕组截面。

图 2 为本发明中有槽型定子及绕组结构，每层单股情况的部分铁心冲片及绕组截面。

图 3 为本发明中有槽型大极数永磁电机的转子磁极与定子齿槽之间具有斜结构的展开图。

图 4a 为本发明相数 $m = 2$ 时的端部无交迭绕组的展开图。

图 4b 是图 4a 中绕组的电流相量图。

图 5 为本发明 $m=3$ 时的整距波绕组的一种展开图。

图 6 为本发明 $m=3$ 时的整距波绕组的另一种展开图。

图 7 为本发明 $m=3$, $k=2$ 时的部分交迭的波绕组的展开图。

图 8 为本发明无槽型定子铁心冲片的一部分及绕组截面示意。

图 9 为本发明端部无交迭的表面波绕组的展开图。

图 10 为本发明 $m=2$ 的表面单股整距波绕组的展开图。

图 11 为本发明中径向磁化的永磁转子。

图 12 为本发明中同步发电机励磁电流与电枢电势的相量图。

图 13 为本发明中同步电机电枢电势的基波波形图。

图 14 为本发明同步发电机电枢电流的参考方向。

图 15 为本发明永磁同步电机脉冲励磁方法的电路结构图。

图 16 为本发明励磁脉冲的放电时间与相电压的关系图。

图 17 为本发明励磁脉冲电流的脉冲参数示意图。

图 18 为本发明三相情况下，励磁脉冲放电的参考时刻示意图。

图 19 为本发明脉冲励磁的电路实例。

图 20 为本发明大极数电机的电励磁转子结构图。

下面结合附图对本发明作进一步详细描述：第一类型的大极数电机，称为有槽型，其定子铁心冲片及绕组在槽中的排列见图 1 及图 2。绕组占据的空间是直槽。在这两个图中，101、201 为开口直槽，103、203 为齿部，104、204 为冲片轭部，102、202 为槽内分层排列的绕组导线截面，102 是按每层双股实心导线绕制的，图中为六层的情况；202 是按每层单股实心导线绕制的，图中为四层的

情况。从图 1、图 2 看出，单、双股分层整齐绕法的特点是，在槽内的每一匝导线除去绝缘层之外，都直接与槽壁铁心相邻，改善了温升性能。当然，在双股的情况下，槽口也可以增设槽楔，以减少附加损耗。这类电机的转子可以是永磁型的也可以是电励磁型的，也可以是感应式的。

电枢绕组的绕法是按照端部最短的原则分层绕制的，称为分层整齐排列的等节距和不等节距的波绕组，具体包括三种绕法。第一种称为端部无交迭的波绕组；第二种称为整距波绕组；第三种称为部有交迭的波绕组。

第一种即端部无交迭的波绕组，每极有 m 个槽。在相数 $m=3$ 时可参见专利号 94116889.1 的描述，本发明特把它推广至 m 相的情形， m 为任意整数。图 4a 表示直槽时 $m=2$ ，任一层绕组结构的展开图。其特点是 m 个绕组以相同的方向绕过相邻 m 个槽而在端部不发生交迭。407 为转子磁极，408 是定子齿，每对极对应定子铁心的 4 个槽，相邻两个槽之间的电角度为 90° ，401，402 为同一层中 $m=2$ 个绕组，在图中，它们从下方端部以相同的方向绕过相邻的头 $m=2$ 个槽，在上端部不相交迭，接着又以相同的方向绕过紧邻的第三四个槽回到下方端部，也不相互交迭。403，404，405，406 为某时刻相邻四个槽中绕组的电流方向。图 4b 表示它们的相量，413，414 相量对应于图 4a 中的电流 403，404，同属于绕组 401，其合成相量为 J ；415，416 相量对应于图 4a 中的电流 405，406 则同属于另一绕组 402，其合成相量也是 J ，正确选择 401，402 的极性，便可以使之串联或并

联，得到一个在 J 方向上的合成相量，代表这一层绕组的相量，成为一个相绕组。不同层的相绕组，相互地平移动一个槽。如此安置四层，可以分别得到 0° ， 90° ， 180° ， 270° 的四个相位的相绕组。特别是，平移一个极距即得到了反相即 180° 相移的相绕组。

第二种即整距波绕组，每极亦有 m 个槽。在相数 $m=3$ 时，其展开图有图 5、图 6 两种类型。图 5 中，501，502，503 分别为三相绕组，每个绕组的节距都是一个极距，504 为齿的展开面。这三相绕组绕在同一层上，端部相互交迭，因此要在端部预留较多的导线位置。图 6 有类似的情况，604 相应于图 5 中的 504 亦为齿的展开面；601 相应于 501，602 相应于 502，而 603 实际上是 503 平行移动一个极距即 3 个槽后所得，于是两者相位相反。

第三种是部分交迭的波绕组。它同时具有前述两种绕组的部分特征。即其每一相的绕组采用端部无交迭绕组的绕法，具有大于 0° 的相带；将一相绕组平移到另一个相带形成另一相绕组，同一层的各相绕组之间在端部有交迭，其展开图如图 7 所示。该图为相数 $m=3$ ，每相的相带占有 $k=2$ 个槽的情况。即每个极有 $m \cdot k = 3 \cdot 2 = 6$ 个槽，相带宽度为 $k - 1$ 个槽宽即 30° 可以改善谐波情况。707，708 为齿的展开面，其间包含一对极的间距。701，702 两绕组形成一个相绕组，它的绕法与图 4a 类似，即它们按同一方向绕过相邻 2 个槽而在端部不产生交迭，但跨过的槽数已经变大了，依然是跨过一个极距。把该相绕组 701，702 平行移动两个槽后得到另一相绕组 703，704；类推又得到另一相 705，706。这三个相绕组在端部相互交迭类似于

图 6,当然也可以按图 5 的方法安排。由此不难推出 m, k 为其它整数的情况。

以上分层整齐排列等节距和不等节距的波绕组的三种绕法,包括图 4a 的 401, 402, 图 5 的 501, 502, 503, 图 6 的 601, 602, 603, 以及图 7 的 701 至 706, 其中的任一个绕组只限于是单股或双股在槽内按层排列, 如图 2 中的 202 及图 1 的 102 所示。

以上绕组, 绕法简单, 易于实现自动化; 此外, 实现了端部最短的优化设计, 省铜, 漏感小, 改善了中、高频性能。而且在槽中的所有导线皆与铁心壁相紧邻, 导热良好, 加大了出力。

还要指出, 图 4a, 图 5, 图 6 和图 7 是一种矩形的齿结构, 如图 4a 图所示, 齿的展开面 408 为矩形, 而同时转子的瓦状磁极 407 之展开面亦为矩形, 称这种转子磁极与齿槽之间具有直的结构。此外, 当转子为永磁式时, 还有一类转子磁极与齿槽之间具有斜的结构如图 3。它同样可用如图 1, 图 2 所示的直槽铁心装配成斜的结构。N, S 为转子磁极的展开图, 是一矩形, 303 是此矩形永磁磁极之中轴线, 301 是齿的展开面呈平行四边形, 304 是齿的中轴线, 302 为斜的槽沟, g 为 303, 304 的夹角表示斜角。L 为铁心长, T 为齿距。这种结构可以改善波形, 减少附加损耗。还要指出这种斜的结构的关键点在于具有不为 0 的斜角 g , 也就是说, 可以把齿槽仍按矩形装配, 而将转子磁极的展开面做成平行四边形, 而其中轴线与齿的中轴线之间维持夹角 g 。这两种斜结构都具有谐波性能好, 附加损耗小的优点。

本专利认为，斜角 g 的最佳设计应满足斜距 $L \cdot t_g g$ 不大于齿矩的两倍 $2T$ 。

本发明的第二类型大极数电机称为无槽型。其转子只限于用永磁型，而其定子铁心的冲片是无槽的，如图 8 所示。801 是无槽铁心的冲片，整块为轭部，802 为导线截面，图中示意为圆导线截面，其实扁导线截面效果更佳。导线并排地贴装在靠气隙的铁心表面。绕组的绕法依然是按照每匝导线皆与铁心相邻且端部为最短的原则。称为单层的等节距和不等节距的表面波绕组，也有三种绕法。第一种是端部无交迭的表面波绕组，第二种是表面整距波绕组，第三种是部分交迭的表面波绕组。

上述端部无交迭的表面波绕组，如图 9 所示。该图是把铁心气隙柱面按圆周方向拉直后的展开示意图。904 是展开后气隙侧的一部分铁心柱面。L 为铁心的长度。905 为转子的磁极 N 极与 S 极。 2τ 为一对极之极距。901, 902, 903 为 $k=3$ 股端部无交迭之表面绕组的绕法示意。它们以同一方向垂直横跨铁心表面，占有表面宽度为 B，亦即为相带宽度。901, 902, 903 串联后，就形成了一个相绕组。

图 10 是单股整距波绕组，图中表示 $m=2$ 相的情形。1003 为铁心展开平面图，L 为铁心长度。1001, 1002 分别为两相的单股绕组，它们的绕法相同，可视为相互平移半个极距即 90° 相位的结果，但在端部相互交迭，1004, 1005 为其交迭位置。图中 1004 交迭点的工艺为 1001 在上，1002 被压在下，实际上此上、下关系亦可调反，

对 1005 交迭点的工艺处理亦如此。N, S 为转子磁极, τ 为极距。

但是单股波绕组的缺点是表面利用率低。为提高表面利用率, 可以按图 9、图 10 的综合方法, 称为端部部分交迭的方法, 即将图 9 视为一个相的绕组整体地取代图 10 中的每一个相绕组 1001 或 1002, 成为 $m=2$ 的两相, 每相含 $k=3$ 股导体, 相带宽度为 B 的表面绕组。其特点是, 每一相的 k 个绕组在端部不交迭, 而不同相绕组之间在端部发生交迭。依此, 不难推断出任意 m 相, 每相 k 股的一般情形。

这种结构的优点是, 铁心无槽, 加工简单, 省铁材; 不存在齿槽效应, 波形好, 无噪声, 运行平稳。

至于磁路结构可采用径向的气隙磁通, 在永磁转子的情况下其结构如图 11 所示。1101 为瓦状永磁体, 箭头 1102 表示磁化方向, 1103 为转子铁心的轭部。

也可以采用轴向的磁路结构, 电机的结构就是盘式结构, 还有多种磁极结构可供选用。

对于大极数的永磁中频电机, 本专利还发明了一种强化的励磁方法, 称为永磁电机的脉冲励磁方法。可以使具有前述结构的永磁电机增大其功率, 其方法如下:

- 1、在电枢方设置一个或多个励磁绕组, 最为方便的是把某一相或所有的 m 相电枢绕组本身视为励磁绕组。

- 2、对每一励磁绕组, 在每一电周期内, 在转子上的永磁极来到的某一时刻施一个电流脉冲, 所产生的脉冲磁场应使转子磁场得到加强。即脉冲电流使永磁体得到瞬时的充磁, 由于磁滞、磁阻等效

应，增强了气隙磁通，加大了感应电势。

今就发电机的情况作详细的描述。

众所周知，励磁型同步发电机的励磁磁动势 F 在相平面上超前电枢电势 E_0 90° ，如图 12。换句话说，对于某相绕组，其电势的基波波形如图 13 中 E_a ，在时刻 T_2 达到正峰值在 T_4 为负峰值，那么表示该相绕组在过零时刻 T_1 正对着转子的 N 极， T_3 时刻正对着转子的 S 极。也就是说在永磁同步发电机情况，当在一个相绕组上如图 14 的 W_a ，其发电机电势为 E_a ，其波形见图 13，取其正向电流为 I_a 作为电流的参考方向，于是通过附加的励磁电路 1401，在正峰值前 90° 即图 13 的 T_1 时刻对图 14 的绕组 W_a 施加以超前的正向励磁脉冲电流如图 14 中的 I_p 就可增加永磁磁极方向的磁通，达到强化励磁的目的。同样，也可在 E_a 正峰值后 90° 即图 13 中的 T_3 时刻对图 14 的 W_a 绕组施加负向脉冲电流 $-I_p$ 亦可达到强化励磁的目的。

综上所述，一种大极数的永磁同步电机的脉冲励磁方法有如图 15 的结构：其中 1501 是电枢的任一个相绕组，G 是中性点，H 为另一端点，其相电势为 E_a ，M 为绕组的某个抽头，接入励磁电路。在通常情况下，M 可与 H 重合，即不必抽头。1502 为放电开关，例如可控硅器件，1503 是开关的控制端。1504 是充放电电容器，1505 是充电的直流源装置，一般而言是电机本身的相电压的整流电路。1506 为充、放电的隔离器件，例如可以是一个电阻器，或一个充、放电的隔离开关。1507 是放电时电流的流向。

当具有图 15 的脉冲励磁电路的永磁发电机被拖动时，相电势基

波如图 16 中的 E_a 波形, $t=T_3$ 为由正到负的过零时刻, 设此时的电角度 $\theta = 0^\circ$, θ_1 , θ_2 分别为 T_3 的前后的一个时刻的相角, 它们的绝对值的最大值为 30° 。图 17 是脉冲电流的波形参数示意, T_s 为脉冲的起始时刻。

图 15 所示的脉冲励磁方法是指, 在图 16 及图 17 中的 θ_1 到 θ_2 之间的某一时刻如图 17 中的 T_s , 触发图 15 中的 1503 使 1502 导通, 使电流 1507 有一个脉冲如图 17 中的 1701, 其宽度 D 即从 T_s 计起至电流波形降回到峰值的 10% 时为止的电角度不超过 60° 。

在常用的三相电机情况下, 三个相绕组都可以按上述方法设置励磁装置, 在每一个电周期各自加入一个相应的励磁脉冲, 可以使相电势增加 30% 以上。

在图 15 中, 也可以使励磁电流 1507 具有相反的流向, 此时要将有关装置的极性调反, 而且放电的起始时刻应由图 16 的 T_3 前后调整到 T_1 前后。

可用不同的方法获得放电的参考时刻 θ_1 或 T_3 , 从而获得放电起始时刻 T_s 。

一种方法是相位检测方法, 即检测出相电压的峰值时刻或过 0 时刻, 用电路延迟的方法可以得到 θ_1 与 θ_2 之间适当的 T_s 值。峰值或过 0 值检测技术可以采用已有技术。

另一种方法是位置传感器的方法, 可在定子电枢绕组的相应位置埋放位置传感器如霍尔器件以检测转子磁极到来的时刻, 这也是已有的技术。

在电动机的情况下，图 15 的方法依然有效，因为当电机进入同步状态后，此时该图中的 I_a 参考方向应变为相反的方向，于是只要保持 1507 的方向与图 17 的时序，依然满足在磁极来到时施加脉冲电流的条件。

以下是三相永磁同步发电机的强化励磁的一个实例。

设此永磁同步发电机的磁极如图 11 所示，定子铁心如图 1 或图 2 所示，绕组可选用前述等节距和不等节距的波绕组中的任一种。其三相绕组相序如常规为 $a \rightarrow b \rightarrow c$ ，其中两相如 a, b 的相电压波形如图 18 所示， a 相在前， b 相在后 120° 。 t 为时间轴， θ 为相应的电角度， T_1 和 T_3 为 a 相电压之过零点，1801 为 a, b 两相的等电位点，其电角度为 θ_1 与 T_3 之距离正好是 30° 。 θ_1 作为对 a 相绕组放电的参考时刻。

图 19 表示对 a 相绕组的充、放电电路。电机的相序是 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 。 G 为中性点，1901 为相电压 a 的输出点，1902 为充放电电容器，1903 为充电电源，为方便，就可以取 a 相或 c 相为交流电源，1904 为充电电路的整流二极管，1905 为充电的限流电阻，在放电时亦作为隔离电阻，1906 为可控硅开关器件，1907 是它的门极，1908 是控制电压源，即取自 b 相电压，1909 是整流二极管，电阻 1910 与 1911 形成一个分压电路调节触发的电平，电阻 1913 和齐纳二极管 1914 为斩波电路，使 1907 门极电压有足够的上升率。稳压二极管 1914 兼有门极保护功能。1915 为保护电容。调整分压电阻，可微调图 18 中的 θ_1 至 T_3 的延迟时间，即图 17 的 T_s 。

以上电路对于其它两相即 b, c 可类推, 例如 b 相, 只须将图 18, 图 19 中相应的相位向后一个相序变换即可。即将图中的 a 相换为 b 相, b 相换为 c 相, c 相换为 a 相即可。

这种励磁方法的优点是, 装置简单; 不需电刷; 不要改动机械结构; 励磁功率甚小; 而又加大了出力。

对于第一类型的即有槽型大极数电机, 本专利还创造了一种特有的电励磁转子结构, 形成一种新型的大极数中频电机, 其转子铁心及绕组的展开如图 20。

在已有的爪极式中频电机技术中, 转子铁心有一个集中的磁路, 由此将磁通分叉到每一对爪极。然而在本发明的图 20 中, 2001 为转子铁心冲片, N, S 为磁极, τ 为极距, 磁力线只穿过相邻的两个极。每极一个槽, 槽中导线整齐排列, 只允许每层单股或双股, 按整节距波绕组绕法, 图中导线截面 2002, 2003 是按每层双股绕制, 图中示出两层绕组的情况。⊙及⊗分别表示电流之出入方向。2004 为定子冲片展开示意。2005 为某个槽中绕组截面, 图中示出 3 层的情况。调整槽的深度, 可以改变绕组的层数以获取合理的励磁安匝数。这种结构的优点依然是绕法简便, 温升性能好, 效率高。

说明书附图

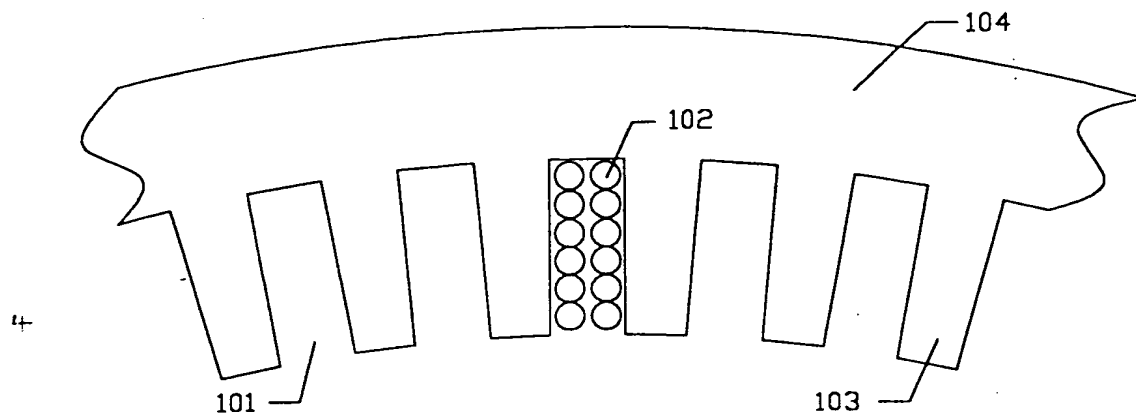


图 1

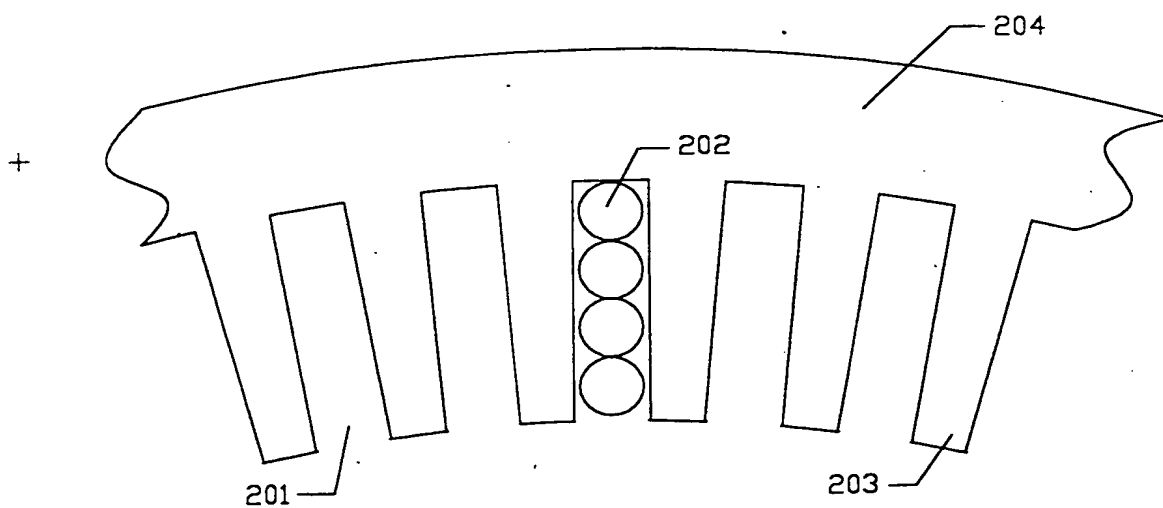


图 2

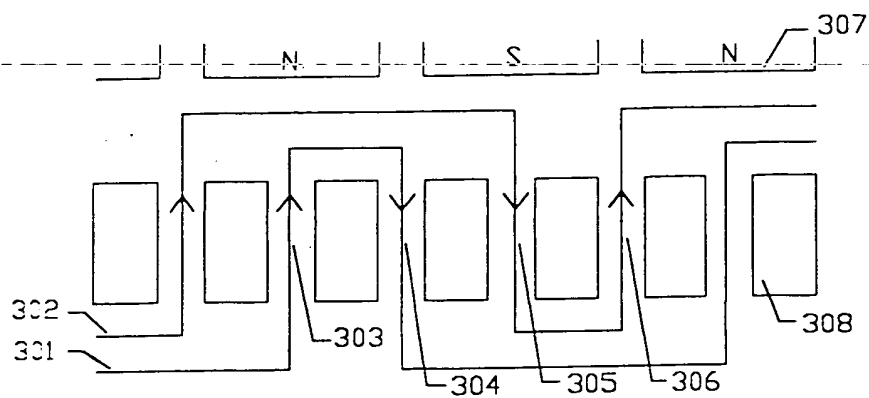


图 3

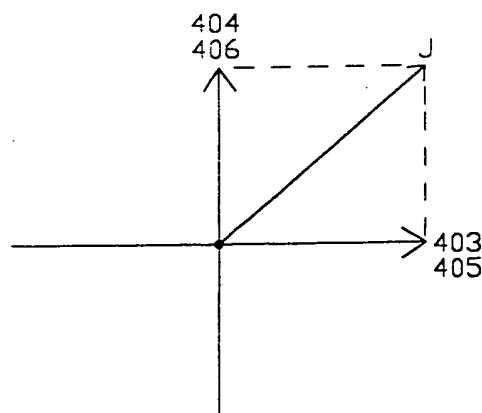


图 4

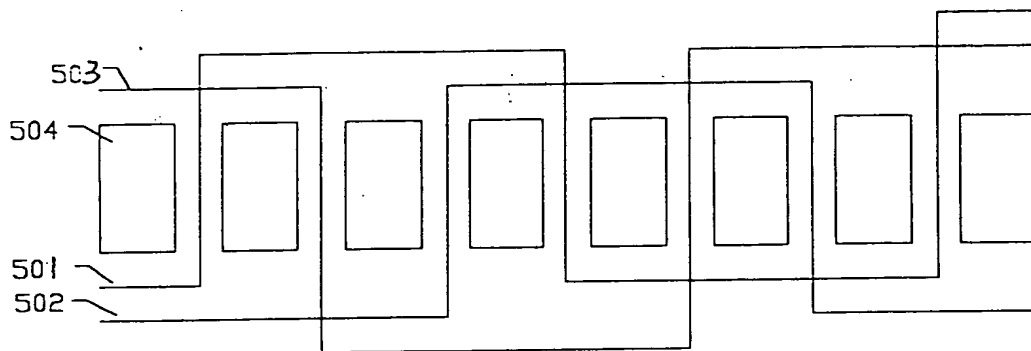


图 5

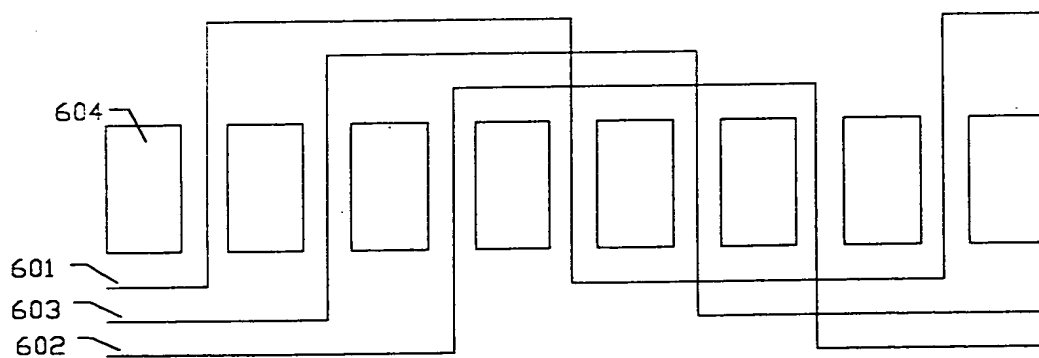


图 6

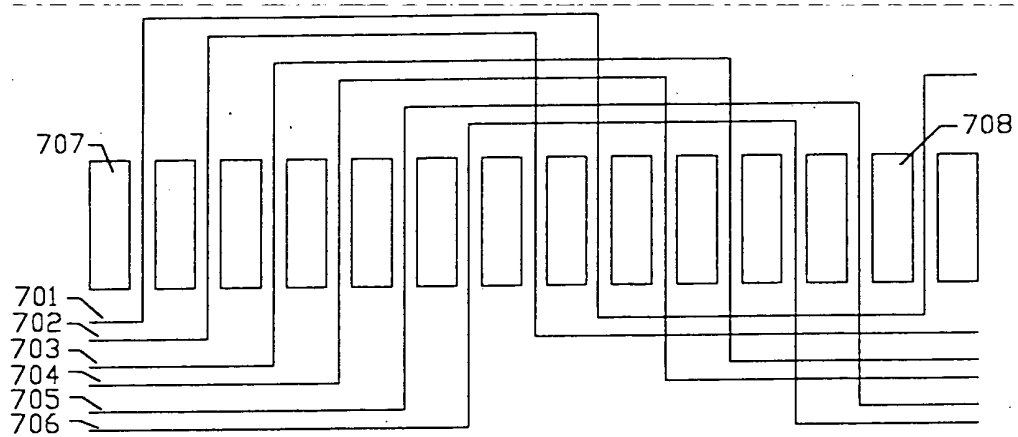


图 7

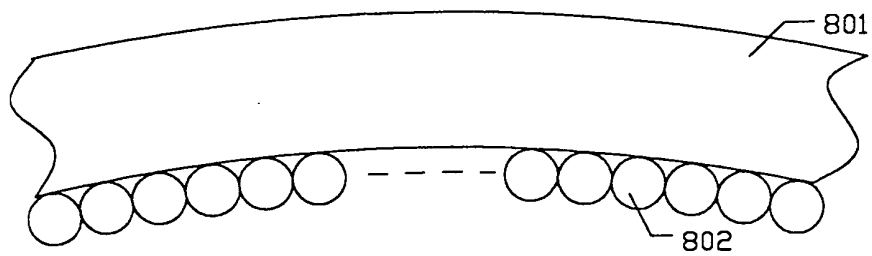


图 8

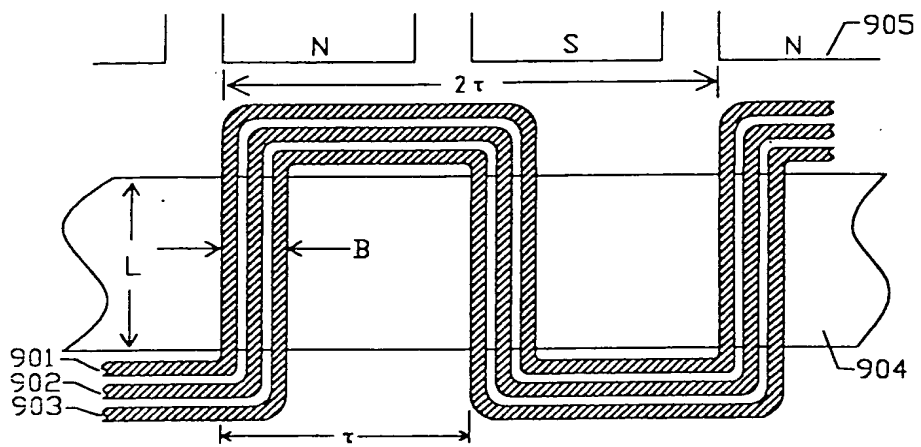


图 9

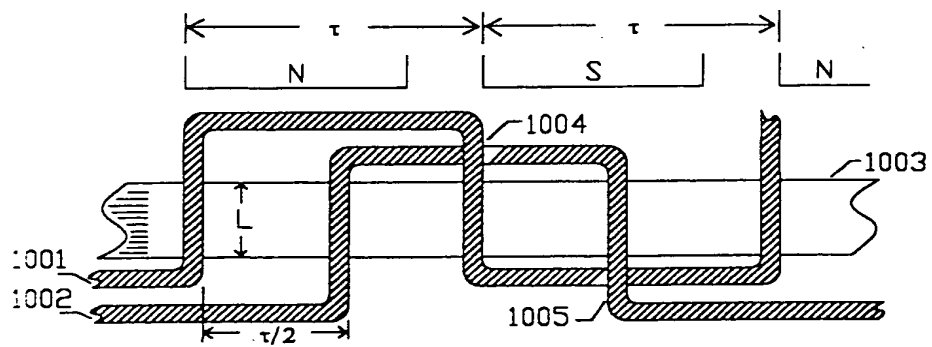


图 10

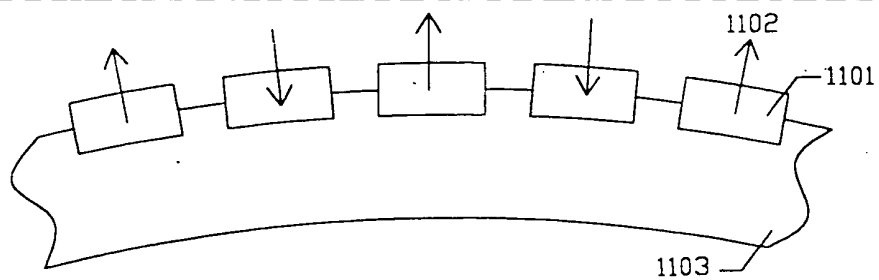


图 11

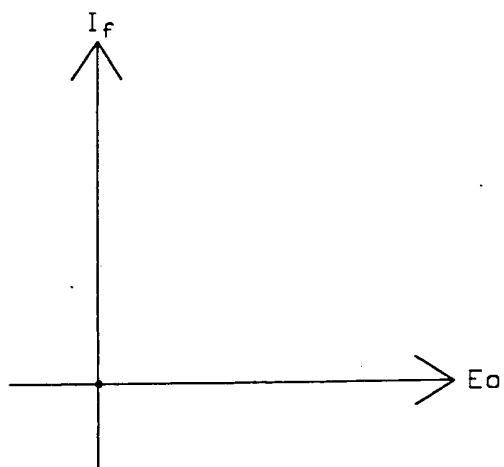


图 12

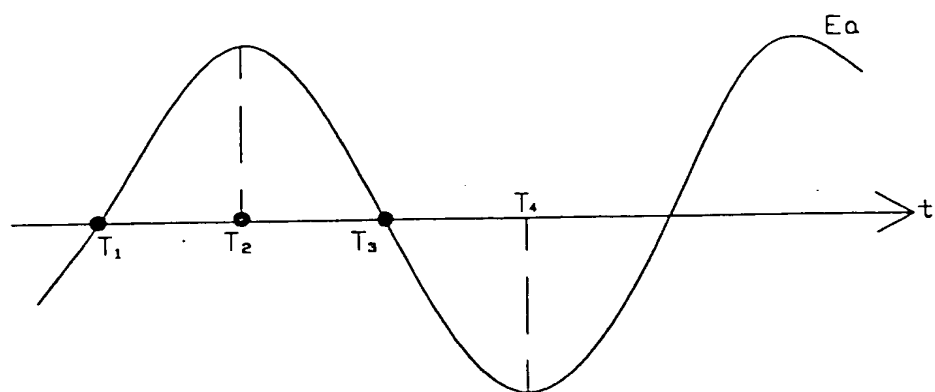


图 13

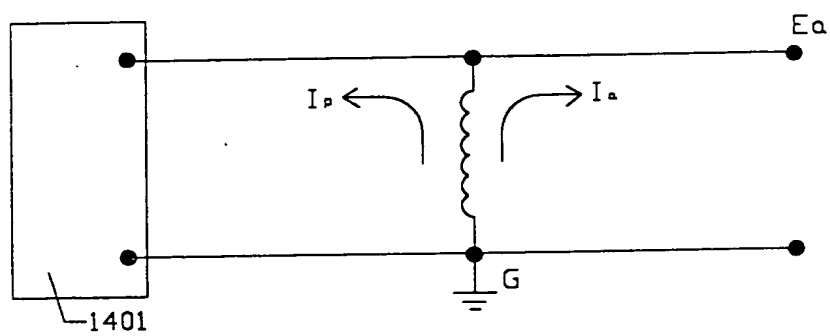


图 14

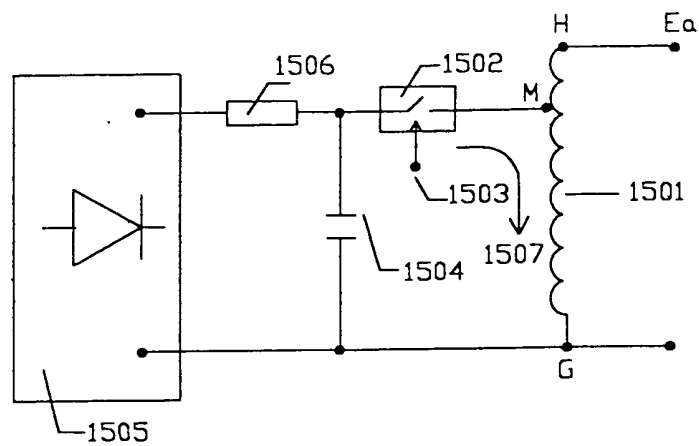


图 15

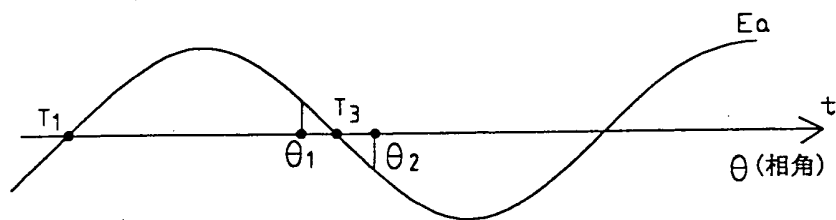


图 16

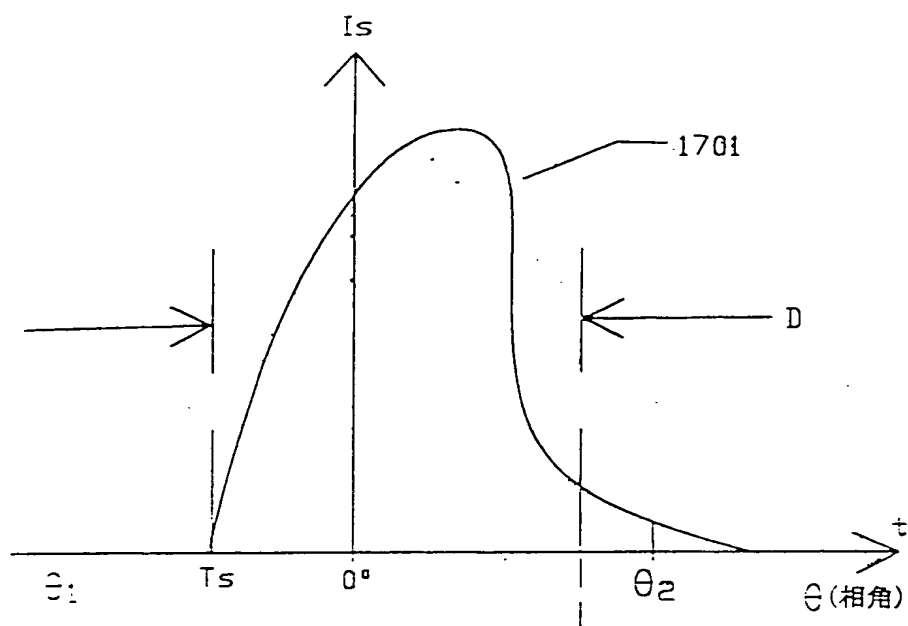


图 17

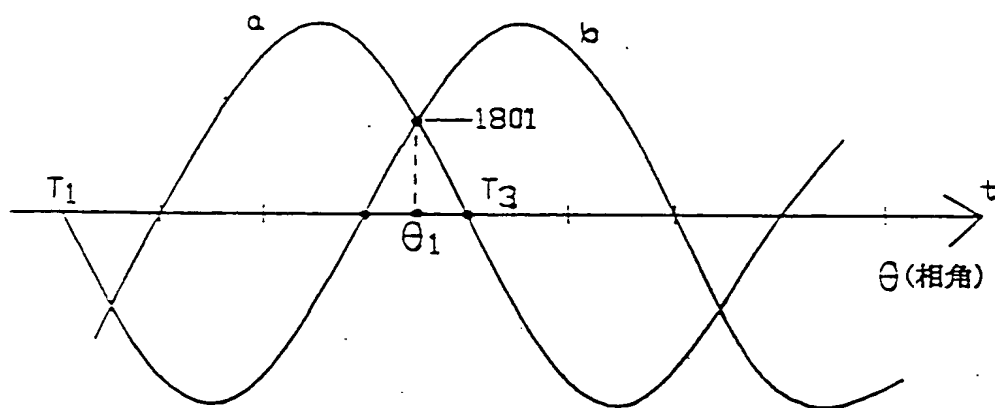


图 18

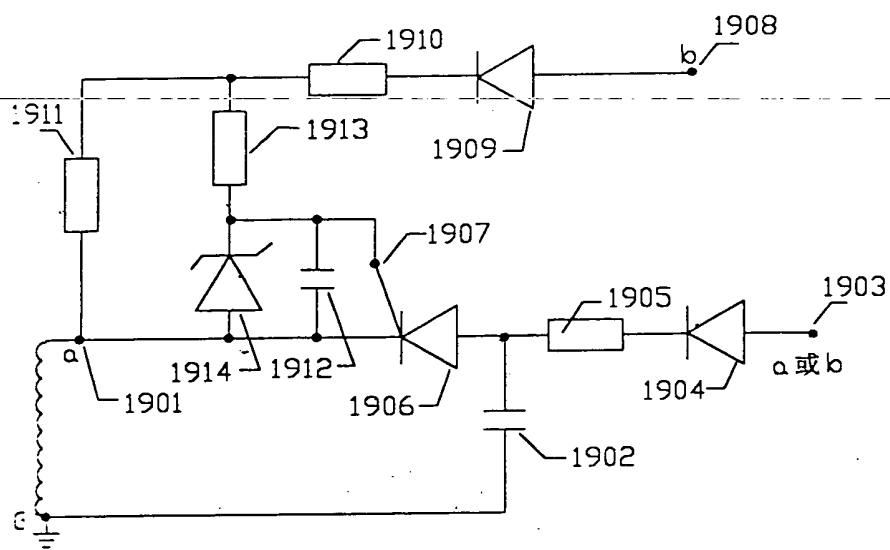


图 19

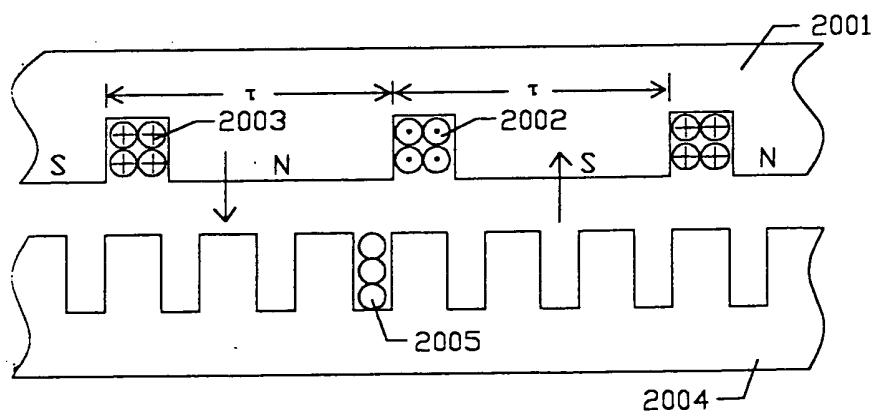


图 20

